

专论

聚丙烯纤维与海工钢筋混凝土的耐久性

张云莲

(浙江科技学院土木系, 杭州 310012)

摘要: 在海工钢筋混凝土中加入少量网状聚丙烯纤维能阻止混凝土的早期开裂, 从而提高混凝土的抗渗性能, 抑制液态介质腐蚀和钢筋锈蚀, 提高混凝土结构的耐久性。

关键词: 聚丙烯纤维; 海工钢筋混凝土; 腐蚀; 耐久性

中图分类号: TV431 **文献标识码:** B **文章编号:** 1005-748X(2002)11-0485-03

DURABILITY OF POLYPROPYLENE FIBRE AND MARINE
REINFORCED CONCRETE

ZHANG Yun-lian

(Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310012, China)

Abstract: Cracking in concrete at early stage is prevented effectively with a certain mixture of polypropylene fibre. The permeability of marine reinforced concrete is consequently decreased, The corrosion of steel bar is restrained obviously and the durability of concrete can also be improved.

Key words: Polypropylene fibre; Marine reinforced concrete; Corrosion; Durability

1 海工钢筋混凝土的耐久性

沿海、跨海、离岸的钢筋混凝土建筑物, 如海港、挡潮闸、桥梁、采油平台等海工混凝土结构, 会受到渗漏溶蚀、冻融剥蚀、冲磨和空蚀、碳化和钢筋锈蚀、环境介质侵蚀及碱集料反应等各种腐蚀, 各种腐蚀相互促进, 加速结构受损或破坏。其中钢筋锈蚀是影响海工混凝土结构耐久性的主要病害, 因而已引起国内外的普遍重视。美国标准局 1975 年的调查表明, 美国全年各种腐蚀损失为 700 亿美元, 其中混凝土中钢筋腐蚀损失占 40%。据 1984 年报道, 美国 57.5 万座钢筋混凝土桥梁, 一半以上出现钢筋腐蚀病害。另据 1986 年报道, 日本运输省检查 103 座混凝土海港码头发现, 凡是有 20 年以上历史的, 都有相当大的顺筋开裂, 需要修补。我国海工混凝土结构的腐蚀情况也很严重。1981 年, 对华南地区 7 个港口的 18 座桩基梁板码头的调查表明^[1]: 由于混凝土钢筋锈蚀而导致码头严重损坏或较严重损坏的占 77.8%。1956 年建成的湛江港一区码头, 由于混凝土水灰比较大, 采用了海砂, 以及其他施工质量问题等原因, 起重机轨道使用了 7 年后, 浪溅区钢筋腐蚀很快, 达到 0.24~0.42mm/年, 不得不进行修补;

使用 32 年后, 浪溅区钢筋严重腐蚀, 面板露筋, 混凝土剥落率高达 89%, 横梁锈蚀达 91%^[2]。

采用高性能混凝土是提高海工混凝土结构耐久性的首选措施。国际上已把高性能混凝土作为新世纪的新型建筑材料, 我国近几年也已开展了高性能混凝土的研究和开发, 合成纤维混凝土能有效地提高结构的耐久性, 其中以质优价廉的聚丙烯纤维应用最为广泛。

2 海工钢筋混凝土的腐蚀及其原因

按国际标准, 海工混凝土结构所处的是四类使用环境: 海水潮汐区、浪溅区、海水下环境、海面大气区。四类使用环境下, 主要产生液态介质腐蚀和钢筋锈蚀。液态介质腐蚀包括: 溶出型腐蚀、分解型腐蚀(离子交换腐蚀)和膨胀型腐蚀^[3]。腐蚀性介质包括 Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 等。它们对构件的腐蚀, 一般从混凝土中的孔隙和裂隙等通道由表及里逐渐进行。混凝土的抗渗性能越差, 腐蚀速度越快。

钢筋锈蚀是混凝土保护层覆盖下钢筋的电化学腐蚀。主要的反应式如下



混凝土中孔隙的水分通常都是以饱和氢氧化钙溶液的形式存在, 混凝土中的钢筋原本处于水泥水化所形成的 pH 值为 12~13 的高碱度环境, 其表面由此

形成的非常致密的氧化铁钝化膜使钢筋免受腐蚀。如果这层膜能够长期保持,即使它周围的电解质具有溶解氧和水分,电化学腐蚀也难以进行,但一旦钝化膜受破坏,钢筋周围又有适当的温度和氧,那么混凝土中钢筋就会腐蚀。混凝土中钢筋钝化膜破坏的原因有两种:① 混凝土中性化(或碳化),中性化是空气中的二氧化碳气体不断透过混凝土中未完全充水的粗毛细孔道,与氢氧化钙反应生成碳酸钙的过程。碳化反应使孔隙液的 pH 值降为 8.5~9.0,而钢筋钝化膜在 pH 值小于 11.5 时已经不稳定,当碳化穿透混凝土保护层达到钢筋表面时,钝化膜被破坏,导致钢筋腐蚀。② 氯离子首先在钝化膜表层吸附,然后通过其表面缺陷渗透到膜中,在钝化膜内层形成 $FeCl_2$,从而使钝化膜局部溶解。氯离子是一种极强的阳极氧化剂,据试验资料^[4]介绍,即使 pH 值还较高时,只要有 4~6ml/L 的氯离子就足以破坏钢筋钝化膜。在氯离子存在及其他液态腐蚀性介质侵蚀下,钢筋腐蚀更为剧烈。

3 聚丙烯纤维抑制海工混凝土腐蚀的机理

从海工钢筋混凝土的腐蚀看,其使用环境中腐蚀性液态介质和混凝土中孔隙与裂缝的存在是产生腐蚀的主要原因。减小混凝土的孔隙率,提高其密实度和抗渗性是抑制海工钢筋混凝土腐蚀的根本途径。在混凝土中掺加聚丙烯纤维,正是从材料的角度,限制了液态腐蚀性介质和氯离子的侵入。

3.1 聚丙烯纤维的特性

聚丙烯纤维是一种新型的混凝土增强纤维,是聚合物纤维的一种,分为单丝和网形两种规格,长度 19~50mm,物理性能基本相同,密度:0.91g/m³;熔点:165℃;弹性模量 3500MPa;燃点:593℃;抗拉强度 580~780MPa,其化学稳定性好,和大多数化学物质不发生作用,耐酸碱盐的腐蚀,表面疏水性,不会被水泥浆浸湿。单丝类纤维仅可用于水泥砂浆,有限控制水泥砂浆收缩龟裂;网状纤维网纤维,是由聚丙烯合成的一束束交互织成纤维状的网线。若加入混凝土搅拌,因受到水泥、砂石料冲击,就会张开,成为一根根单独的纤维,以弯曲的形状均匀分布在混凝土中,使混凝土整体性能得到改善。

3.2 聚丙烯纤维的阻裂效应

普通混凝土的收缩一般波动于万分之二至四,并主要发生于早期的塑性阶段,因此极易形成干缩裂缝,在大多数情况下,它们随着混凝土进一步地干燥而扩大,而且由于海工构筑物大多为大体积混凝土结构,大体积混凝土内外温差如控制在 25℃,其

表面由温差产生的冷缩亦可达到万分之三至四左右。混凝土的干缩和温差引起的冷缩同时发生更易使混凝土表面产生微裂缝。在混凝土中掺入聚丙烯纤维,由于其细度高(当量直径 0.02~0.1mm)、数量多(常用的 0.9kg/m³ 的掺量充分分散可获得 700~3000 万根纤维单丝)、在混凝土中的纤维间距小,可减缓粗骨料的快速下沉和游离水的上升,降低混凝土的失水速率,阻碍沉降裂缝的形成。而有机材料对冲击能的吸收能力,使混凝土的抗冲击、抗疲劳性能得以改善。另外,由于其在混凝土内部构成一种均匀的乱向支撑体系,从而产生一种有效的二级加强效果。聚丙烯纤维的乱向分布形式可削弱混凝土的塑性收缩,收缩的能量被分散到无数的纤维丝上,从而有效地增强混凝土的韧性,减少混凝土塑性阶段干缩及冷缩所产生的裂缝,并由于其均匀地分布在混凝土内部,一旦裂缝延伸到聚丙烯纤维即可停止发展。这些特点使聚丙烯纤维能有效控制混凝土凝结硬化初期的由于离析、泌水、收缩等因素形成的原生裂隙的发生和发展,减小原生裂隙的数量和尺度,同时通过提高材料介质的连续性,使硬化后混凝土性能得到显著改善。

3.3 抑制腐蚀

在内外应力作用下,混凝土的固有微裂缝将会增大,如果没有有效的抗裂措施,最终会发展成贯通的毛细孔及裂缝,使得环境中的腐蚀性介质 O_2 、 CO_2 、 Cl^- 等极易渗入混凝土内部,创造了液态介质腐蚀和钢筋腐蚀的环境,影响其耐久性。聚丙烯纤维的阻裂效应使混凝土的抗渗性提高,使得腐蚀性介质在同样的条件下花费更长的时间才能与钢筋接触产生腐蚀,这样就大大增加了建筑物的寿命,也减少了腐蚀的比率。

国内已开展了有关聚丙烯纤维的力学性能的多项研究^[5,6]。上海建筑科学研究所的试验结果表明^[7]:聚丙烯纤维对混凝土龟裂程度的控制结果比普通混凝土高出 90%~100%,掺量为 1.18kg/m³ 聚丙烯纤维混凝土比普通混凝土可减少 79% 的渗水。戴建国等对聚丙烯纤维混凝土和普通混凝土的抗渗性能进行对比试验,结果表明^[8]:0.05%、0.1% 体积率的聚丙烯纤维混凝土抗渗能力分别比普通混凝土提高了 40% 和 48%。对普通混凝土 4h300 次的快速冻融试验,发现其弹性模量降低了 87%,而相同条件下 0.05%、0.1% 体积含量的单丝型聚丙烯纤维混凝土的弹模分别降低了 36.3% 和 16.8%;对聚丙烯纤维钢筋混凝土在模拟海洋环境下进行的渗透腐蚀试验表明,含有 0.05% 和 0.1% 体积的聚

丙烯纤维混凝土中的钢筋比普通混凝土中钢筋分别迟 9 天和 11 天锈蚀^[9]。这些试验结果都表明,适量短切聚丙烯纤维加入混凝土后可增加混凝土的致密性,提高混凝土的抗渗性,抗渗性能的增强有效地防止和延缓了渗水、潮湿气体和有害介质对混凝土的侵蚀及对钢筋的锈蚀。

4 结 语

聚丙烯纤维掺入混凝土,因其阻裂效应而能抑制海工混凝土的腐蚀。除低弹模高延性特点外,聚丙烯纤维还有与水泥基体相容性好,能经受水泥水化产物的侵蚀而自身不受损,耐久性能好,不吸水等优点。纤维网每千克的价格高于钢纤维,但按掺量 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ (相当于 0.1% 的体积率) 计,则其造价将明显低于钢纤维混凝土,除不适宜采用人工搅拌外,不增加对搅拌机械的磨损,无需对施工过程提出特殊要求,且对混凝土的强度影响不大^[8]。加入聚丙烯纤维防止混凝土中加强钢筋的腐蚀,将被认为是最重要的用途之一,适用于海工钢筋混凝土结构的新建和修补。

参考文献:

- [1] 潘志强. 海工混凝土钢筋防锈措施的研究[J]. 水运工程, 1996, (8): 11~14.
- [2] 丁自强. 海工混凝土结构的防腐蚀[J]. 华北水利水电学院学报, 2001, (1): 28~31.
- [3] 张云莲. 液态腐蚀性介质对混凝土耐久性的影响[J]. 腐蚀与防护, 2001, (6): 202~204.
- [4] 冯乃谦. 实用混凝土大全[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 449~457.
- [5] 朱江. 聚丙烯纤维混凝土的力学性能研究[J]. 广西工学院学报, 2000, (2): 60~64.
- [6] 姚武, 等. 聚丙烯纤维水泥基复合材料物理力学性能研究(II)[J]. 建筑材料学报, 2000, (3): 235~238.
- [7] 张希舜, 等. 超长建筑应用聚丙烯纤维混凝土施工技术[J]. 山东建筑工程学院学报, 2000, (3): 88~91.
- [8] 戴建国. 网状聚丙烯纤维混凝土的试验研究[J]. 混凝土与水泥制品, 1999, (4): 35~38.
- [9] Rongxi Shen, et al. Crack-arresting effect of polypropylene monofilament fibre at small dosage in concrete [A]. Proceedings of the International Conference on Fiber Reinforced Concrete[C]. Guangzhou; 1997.

(上接第 484 页)

FIQ-C 在 1mol/L 盐酸溶液中的缓蚀性能基本不受存放时间的影响,具有长效缓蚀性能,这在实际应用中非常重要。

(2) AES 和 IR 光谱证明了含氮有机化合物小分子是吸附膜的主要组成成分。

(3) 通过色-质联仪证明了药剂 FIQ-C 之所以具有长效缓蚀作用,是因为在酸中降解后并未使起缓蚀作用的组分发生太大变化,相反含氮有机化合物小分子略有增多。

(4) 药剂 FIQ-C 在酸中降解后的小分子结构式与常用缓蚀剂所含基团结构相似,且当日配置的和放置 30 天后的基本相似,进一步证明了药剂 FIQ-C 在盐酸溶液中具有长效缓蚀效应。

参考文献:

- [1] 尹华, 彭辉, 肖锦. 含氮杂环水处理剂 FNP-C 缓蚀性能研究[J]. 工业水处理, 1999, 19(6): 20~22.
- [2] 汪晓军, 肖锦. 天然高分子接枝吡啶季铵盐盐酸缓蚀剂的研究[J]. 化工时刊, 1998, 12(6): 11~13.
- [3] 黄少斌, 肖锦. 聚氮杂环季铵盐对钢在盐酸中的缓蚀[J]. 材料保护, 1997, 30(2): 10~11.
- [4] 吴人洁. 现代分析技术[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987. 166~178.

(上接第 492 页)

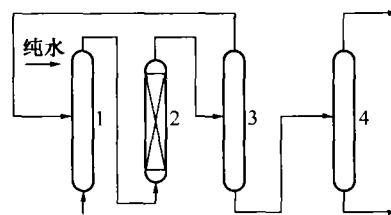


图 4 氯离子随纯水进入醋酸浓缩塔示意图
1—第二精馏塔; 2—分解塔; 3—第五精馏塔; 4—醋酸浓缩塔

腐蚀设备(见图 4)。因此,保证纯水的质量是很重要的。

直流上水和循环水的水质不稳定,是冷凝、冷却设备遭受腐蚀一个重要因素。因此,提高水质,设计水质稳定装置是必要的。

4.6 采用先进的焊接工艺

采用先进的焊接工艺,提高焊接质量。焊接以后进行后处理,在设备和管道的制造和安装中采用合理的机械加工方法,尽量消除设计、制造和安装中的缺陷,避免在同一台设备中采用多种金属材料,合理配管等,都可以在不同程度上改善 PVA 装置的腐蚀状况。

(参考文献略)